

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ВРАДІЙ ОКСАНА ІГОРІВНА

УДК 502 [635. 8 + 634. 7] (477. 4 - 292. 485)

**ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ХАРЧОВИХ НЕДЕРЕВНИХ ЛІСОВИХ
РЕСУРСІВ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО**

03.00.16 – екологія

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук

Дніпро – 2023

Дисертацією є кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

Робота виконана у Вінницькому національному аграрному університеті
Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор сільськогосподарських наук, професор
Разанов Сергій Федорович,
Вінницький національний аграрний університет,
професор кафедри екології
та охорони навколишнього середовища

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук, професор
Мудрак Олександр Васильович,
Комунальний заклад вищої освіти
«Вінницька академія безперервної освіти»,
завідувач кафедри екології, природничих
та математичних наук

докторка сільськогосподарських наук, доцентка
Ситник Світлана Анатоліївна,
Дніпровський державний аграрно-економічний
університет, професорка
кафедри садово-паркового мистецтва
та ландшафтного дизайну

Захист дисертації відбудеться 10 березня 2023 року о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.804.02 у Дніпровському державному аграрно-економічному університеті за адресою: 49600, вул. Сергія Єфремова, 25, м. Дніпро, Україна.

З дисертацією можна ознайомитись у науковій бібліотеці Дніпровського державного аграрно-економічного університету за адресою: 49600, вул. Сергія Єфремова, 25, м. Дніпро, Україна.

Автореферат розісланий «10» лютого 2023 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради,
кандидат сільськогосподарських наук, доцент



Володимир КОЗЕЧКО

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Важливою складовою розвитку лісівництва є його недеревні ресурси, до складу яких належать дикорослі ягоди, їстівні гриби, плоди та ін. Відомо, що у зв'язку з низькою їх собівартістю та високою поживністю значення цих продуктів у житті людини не зменшилась, а цінність і потреба їх навіть зроста. Це пов'язано з широким застосуванням їх у харчовій промисловості, медицині та ветеринарії. Продукти лісу рослинного походження, а саме їх заготівля, має велике значення для виконання програми виробництва продовольчої сировини з метою забезпечення потреб населення у продуктах харчування, що є одним із головних завдань нашої країни.

Одночасно підвищуються вимоги і до якості цієї продукції, що тісно пов'язано з екологічним станом лісових угідь, які на сьогоднішній день характеризуються зростаючим рівнем забруднення різними токсикантами внаслідок антропогенної діяльності населення. Забруднення навколишнього середовища відбувається переважно в результаті роботи підприємств енергетики, хімічної, нафтохімічної і нафтопереробної промисловості, транспорту та сільськогосподарського виробництва. За даними літературних джерел, сьогодні близько 60 тисяч різних шкідливих хімічних сполук потрапляє в навколишнє природне середовище, і з кожним роком до них додається ще 200 нових.

З продуктами харчування через трофічні ланцюги до організму людини надходять близько 80 різних металів, серед яких велику частку складають важкі метали, в тому числі Pb, Cd, Zn та Cu. Ці метали входять до групи найбільш токсичних, а мідь та цинк до групи найбільш поширених у природі важких металів.

Аспекти моніторингу якості лісової недеревної продукції на предмет забруднення важкими металами висвітлені в працях Н. А. Некос та ін., 2013; Т. М. Сторожук, 2015; Н. С. Дружинська, 2015; Т. В. Єрем, 2015; А. А. Дубініна та ін., 2016; О. Ю. Купчик, 2016; А. В. Мигаль та ін., 2017; Н. Ю. Фатеева та ін., 2018.

Використання продукції, забрудненої важкими металами в харчуванні населення призводить до підсилення негативного впливу її на організм людини, що супроводжується різноманітним порушенням її гомеостазу на клітинному, органному та організмовому рівнях. Важкі метали, які нагромаджуються в організмі людини викликають фізіологічні порушення, зокрема: токсикоз, алергію, онкологічні захворювання та ін..

За таких умов надзвичайно важливим на сьогодні є зниження негативного впливу важких металів на організм людини. Це потребує постійного моніторингу та контролю за концентрацією важких металів у продукції харчування, в тім числі і грибах для прогнозування та перешкоджання надходження даних токсикантів до організму людини.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано згідно плану науково-дослідної роботи кафедри екології та охорони навколишнього середовища Вінницького національного аграрного університету «Екотоксикологічна оцінка харчових недеревних лісових рослинних ресурсів Лісостепу Правобережного» (шифр держреєстрації 0120U102135 термін

виконання 2019-2022 р.р. за кодом тематичної рубрики 68.47.94 від 23.04.2020) за напрямом «Охорона довкілля в умовах лісового господарства».

Мета і завдання досліджень. Мета роботи – дослідити інтенсивність накопичення їстівними грибами і лісовими ягодами важких металів в умовах лісових насаджень (узлісся) Лісостепу Правобережного та удосконалити шляхи зниження в цій сировині Pb, Cd, Zn та Cu.

Для досягнення поставленої мети необхідно було виконати ряд **завдань**:

- з'ясувати рівень наукового вивчення даної теми та повноти її висвітлення у базових виданнях України та за кордоном;
- провести моніторинг забруднення важкими металами (Zn, Cd, Cu, Pb) ґрунтів лісових екосистем, їстівних грибів та лісових ягід;
- розрахувати коефіцієнти небезпеки важких металів у недеревних лісових продуктах;
- обчислити коефіцієнти накопичення важких металів у їстівних лісових грибах;
- удосконалити технологічні операції переробки їстівних грибів з метою зниження в них концентрації Zn, Cd, Cu, Pb;
- показати екологічну ефективність одержаних результатів досліджень.

Об'єкт дослідження – їстівні гриби та лісові ягоди, одержані в умовах лісових насаджень (узлісся) Лісостепу Правобережного.

Предмет дослідження – інтенсивність і особливості накопичення їстівними лісовими грибами і лісовими ягодами Pb, Cd, Zn та Cu та удосконалення технологічних операцій щодо підвищення їх якості.

Методи досліджень – загальнонаукові (аналізу, експерименту, спостереження, гіпотези, індукції, дедукції) – для вибору напрямів досліджень й опрацювання фактичного матеріалу; спеціальні – польовий (вивчення взаємодії об'єкта з антропогенними чинниками); хімічний – визначення вмісту елементів у ґрунті, основної продукції лісівництва; статистичний – встановлення достовірності отриманих результатів і зв'язків між різними чинниками.

Наукова новизна одержаних результатів. Проведені дослідження дозволили визначити рівні накопичення важких металів (Pb, Cd, Zn та Cu) у їстівних лісових грибах і ягодах та зміни цих токсикантів за удосконалення технологічних операцій переробки цієї продукції, одержаної в умовах лісових насаджень (узлісся) Лісостепу Правобережного.

Вперше:

- вивчено інтенсивність накопичення важких металів їстівними грибами та ягодами;
- встановлено інтенсивність накопичення важких металів у грибах залежно від їх виду;
- встановлені величини коефіцієнту накопичення і небезпеки важких металів у лісових ягодах та грибах залежно від їх виду;
- показано технологічні операції переробки грибів, які сприяють зниженню концентрації важких металів у грибах.

Удосконалено технологію переробки їстівних лісових грибів, яка сприяє зменшенню вмісту в них Pb, Cd, Zn та Cu.

Набуло подальшого розвитку прогнозування інтенсивності забруднення грибів важкими металами та зниження їх концентрації в даній сировині.

Практичне значення отриманих результатів. Результати проведених досліджень є основою для розробки заходів щодо зниження вмісту важких металів у харчовій недеревній продукції лісництва, зокрема ягід і грибів, та підвищення рівня їх якості й екологічної безпеки.

Основні положення дисертаційної роботи увійшли до методичних рекомендацій: «Особливості заготівлі та переробки їстівних грибів в умовах техногенного забруднення лісових угідь» та патенту на корисну модель: Спосіб зниження концентрації важких металів у їстівних грибах за кулінарної їх обробки: пат. на корисну модель 142065 України: МПК А23L 31/00 А23L 5/00; власник Вінницький національний аграрний університет: № u201911420, заявл. 25.11.19; опубл. 12.05.2020, Бюл. 9.

Наукові розробки можуть бути використані у навчальному процесі при підготовці студентів спеціальності 101 «Екологія» при вивченні дисциплін «Екологічна безпека» та «Моніторинг довкілля». Наукові розробки впроваджено у їх викладання.

Особистий внесок здобувача полягає у проведенні теоретичних і експериментальних досліджень, їх узагальнення, обробці.

Програма та методика проведення досліджень, патентування, публікація статей, формулювання висновків та рекомендацій досліджень виконувались у співавторстві з науковим керівником.

Апробація результатів дослідження. Основні положення та результати дисертаційного дослідження обговорювались на: міжнародній науково-практичній конференції «Вплив змін клімату на онтогенез рослин» (3-5 жовтня 2018 р., м. Миколаїв); III міжнародній науково-практичній конференції «Регіональні геоecологічні проблеми в умовах сталого розвитку» (18-20 жовтня 2018 р., м. Рівне); XV міжнародній науковій конференції «Kluczowe aspekty naukowej dzialalnosci – 2018-2019» (31 грудня 2018 – 07 січня 2019 р., м. Перемишль); міжнародній науково-практичній конференції «Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти» (10-12 квітня 2019 р., Київ – Миколаїв – Херсон); I науково-практичній конференції «Vin Smart Eco», 16-18 травня 2019 р., м. Вінниця); V міжнародній науково-практичній конференції «Integration system of education, science and production in the modern information space» (24 жовтня 2019 р., м. Тернопіль); міжнародній науково-практичній конференції «Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту» (31 жовтня 2019 р., м. Біла Церква); III міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегій стійкого розвитку: агроecологічний, соціальний та економічний аспекти» (12 грудня 2019 р., м. Полтава); міжнародній науково-практичній інтернет-конференції молодих вчених та студентів «Проблеми і перспективи інноваційного розвитку аграрного сектора економіки в умовах інтеграційних процесів» (15-16 травня 2019 р., м. Вінниця); international scientific and practical conference «Dynamics of the development of world science», (march 18-20. 2020, Vancouver); міжнародній науково-практичній інтернет-

конференції молодих вчених та студентів «Сучасні тенденції розвитку агропромислового сектора економіки в умовах конвергенції» (14-15 травня 2020 р., м. Вінниця); міжнародній науково-практичній конференції «Напрями досліджень в аграрній науці: стан та перспективи» (5-6 листопада 2020 р., м. Вінниця); всеукраїнській науково-практичній конференції «Розвиток аграрної науки в умовах змін клімату та діджиталізації землеробства» (9-10 червня 2022 р., м. Вінниця); XXIII міжнародному науково-практичному форумі «Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій» (4-6 жовтня 2022 р., м. Львів).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 23 наукових праці, у тому числі 1 стаття у наукових журналах, що входять до міжнародних фахових наукометричних баз Web of Science, 3 статті у наукових фахових виданнях, 3 статті у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз, 9 тез доповідей, 1 патент на корисну модель.

Структура дисертації. Дисертаційна робота викладена на 167 сторінках машинописного тексту, складається із вступу, 4 розділів, загальних висновків, рекомендацій виробництву, списку використаних джерел, 4 додатків. Обсяг основного тексту дисертації складає 120 сторінок друкованого тексту. Робота ілюстрована 31 таблицею, 6 рисунками. Список використаних джерел містить 271 найменування, з них 191 кирилицею та 80 латиницею.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН НЕДЕРЕВНИХ ЛІСОВИХ РЕСУРСІВ В УМОВАХ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

У цьому розділі проаналізовані попередні дослідження багатьох науковців, які підтверджують, що недеревні лісові ресурси мають надзвичайно важливе значення для людей. Їх споживання додає величезну кількість вітамінів для організму людини. Їх заготівля та використання мають значення не тільки в харчовій промисловості, а й і в медицині, ветеринарії та інших не менш важливих галузях виробництва.

Практичний і науковий досвід свідчить, що із розвитком техногенезу відбувається натиск на навколишнє середовище. Цей натиск проявляється у вигляді незворотних змін природних екосистем та наслідками, які неможливо подолати. В результаті антропогенної діяльності забруднюються природні екосистеми, в тому числі і лісові.

Забруднюючі речовини осідають, транслюються та накопичуються харчовими ланцюгами. Це все призводить до споживання людиною не екологічно безпечної продукції лісівництва, і як наслідок отруєння, хвороби, чи навіть смерть. Аналітичний підхід в опрацюванні теоретичного матеріалу дозволив обґрунтувати актуальність і перспективи проведення досліджень в лісових екосистемах Лісостепу Правобережного за темою дисертації.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проведені на території лісових господарств Тиврівської міської об'єднаної територіальної громади, що включають Гніванське та Тиврівське лісництва Вінницької області, що знаходяться в умовах Лісостепу Правобережного.

Поставлені завдання у дисертаційній роботі, були виконані, згідно програми досліджень, яка включає:

- визначення рівня забруднення ґрунтового покриву лісових екосистем Лісостепу Правобережного важкими металами;
- визначення рівня забруднення недеревної продукції лісу важкими металами;
- оптимізування технологічних операцій із зниження концентрації важких металів у грибах;
- проведення еколого-економічної ефективності одержаних результатів досліджень.

До складу їстівних грибів, ягід та плодів були включені представники цієї рослинницької продукції, які найбільш поширені в даній місцевості.

Зокрема, до складу грибів входили такі їх види, як: лисички справжні (*Cantharëllus cibãrius (Lat.)*), гіропор березовий синіючий (синяк) (*Gyroporus cyanescens (Lat.)*), трутовики сірчано-жовті (*Laetiporus sulphureus (Lat.)*), боровики королівські (*Butyriboletus regius (Lat.)*), лецінелум (бабка) (*Leccinellum (Lat.)*), сиріожки (*Russula Pers. (Lat.)*), білі гриби (*Boletus edulis (Lat.)*), мухомор червоніючий (маремуха) (*Amanita rubescens (Lat.)*), підберезовики (*Leccinum scabrum (Lat.)*), підосиковики (*Leccinum aurantiacum (Lat.)*), опеньки осінні справжні (*Armillaria mellea (Lat.)*), тоді як до ягід і плодів: ожина лісова (*Eubatus (Lat.)*), яблука лісові (*Malus sylvestris Mill. (Lat.)*), груша лісова (*Pyrus pyraëster (Lat.)*), суниці лісові (*Fragaria vesca (Lat.)*), черешня лісова (*Prunus avium (Lat.)*).

Дослідження впливу водно-сольового розчину на концентрацію важких металів у грибах включали:

- очищення грибів від залишків вегетативної маси рослин та ґрунту;
- подрібнення грибів;
- витримка подрібнених грибів у водно-сольовому розчині протягом 2-х годин;
- витримка подрібнених грибів у водно-сольовому розчині протягом 4-х годин;
- витримка подрібнених грибів у водно-сольовому розчині протягом 6-ти годин.

Технологія обробки грибів включала одні і ті ж операції, різницею було вміст у воді солі та тривалість вимочування даних грибів. Перший варіант включав витримку подрібнених, очищених від залишків вегетативної маси рослин і ґрунту грибів протягом 2-х годин у водопровідній воді. Другий варіант включав вимочування грибів у водно-сольовому розчині (10 грам солі на 1 літр води) протягом 2-х годин. Третій та четвертий варіанти включали вимочування грибів у водно-сольовому розчині (10 грам солі на 1 літр води) протягом 4-х та 6-ти годин відповідно. Для досліджень використовували воду однієї партії.

За вивчення впливу води без мінерального залишку на зміну концентрацій у грибах важких металів (Pb, Cd, Zn, Cu) до обробки були включені дані технологічні операції:

- очищення грибів від вегетативної маси рослин та ґрунту;
- подрібнення грибів;
- вимочування подрібнених грибів, протягом однієї доби у водопровідній воді;
- вимочування подрібнених грибів, протягом однієї доби у воді, одержаній шляхом переварювання та відстоювання;
- вимочування подрібнених грибів протягом однієї доби у дистильованій водопровідній воді.

Технологія обробки грибів у всіх варіантах була однаковою, різниця була лише у воді. Зокрема, перший варіант включав використання водопровідної звичайної води – контроль, другий варіант – використання такої ж водопровідної води, але з відділенням від неї мінеральної частини, шляхом переварювання і відстоювання. Третій варіант включав водопровідну воду, пропущену через дистильатор. Воду, як розчинник для даного дослідження використовували з однієї партії для всіх варіантів.

Лабораторні аналізи їстівних грибів та дикорослих ягід, а також ґрунту проводили у сертифікованих і акредитованих лабораторіях (Науково-вимірвальна агрохімічна лабораторія Вінницького національного аграрного університету та лабораторія випробувального центру Вінницької філії державної установи «Інституту охорони ґрунтів України»).

Спостереження, обліки та вимірювання проводили за загальноприйнятими методиками:

- визначення вмісту солей важких металів (Pb, Cd, Zn, Cu) у їстівних грибах та дикорослих ягодах – атомно-абсорбційним методом;
- проби ґрунту відбирали з шару 0–10 см відповідно до ДСТУ ISO 10381–1:2004;
- визначення вмісту рухомих форм важких металів (Pb, Cd, Zn, Cu) – після вилучення ацетатно-амонійним буферним розчином рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії відповідно до ДСТУ 4770.

Обробку даних проводили на ПК за допомогою стандартних пакетів програм «Statistica», Microsoft Excel із застосуванням методів кореляційного, регресійного та дисперсійного аналізів та ін.

ОЦІНКА ІНТЕНСИВНОСТІ ЗАБРУДНЕННЯ НЕДЕРЕВНИХ ЛІСОВИХ РЕСУРСІВ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ В УМОВАХ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО

Аналіз забруднення ґрунтів лісових угідь (рис. 1) в зоні проведених досліджень показав, що концентрація Pb, Cd, Zn та Cu не перевищували допустимі рівні.

Так, вміст важких металів у ґрунтах лісових насаджень порівняно з ГДК, був нижчий по Pb у 16,2 раз, Cd – у 5,0 раз, Zn – у 5,2 раз та Cu у – 33,3 раз. Тоді, як у

грунтах перелогу концентрація Pb, Cd, Zn та Cu була нижча за ГДК у 6,3, 6,76, 8,8 та 29,1 раз відповідно.

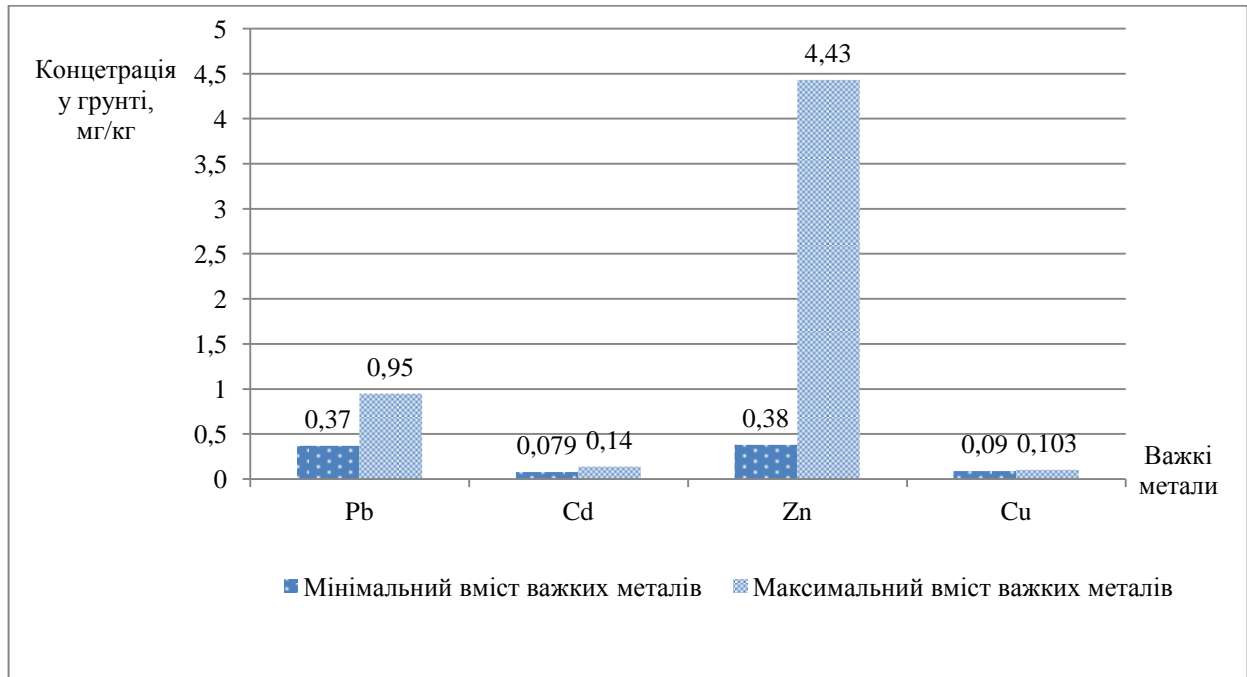


Рис. 1 Вміст важких металів у ґрунтах лісових угідь в межах узлісся

Характеризуючи концентрацію важких металів у лісових ягодах та деревних плодах (табл. 2) необхідно вказати на різну інтенсивність накопичення цих токсикантів у даній продукції.

Таблиця 2

Концентрація важких металів у ягодах та деревних плодах, мг/кг

Вид ягід та деревних плодів	Важкий метал							
	Pb	ГДК Pb	Cd	ГДК Cd	Zn	ГДК Zn	Cu	ГДК Cu
Ожина лісова (<i>Eubatus (Lat.)</i>)	не виявлено	0,2	не виявлено	0,03	1,11± 0,001	10	0,04± 0,001	5,0
Яблука лісові (<i>Malus sylvestris Mill. (Lat.)</i>)	не виявлено	0,1	не виявлено	0,03	0,27± 0,002	10	0,01± 0,002	5,0
Груша лісова (<i>Pyrus pyraister (Lat.)</i>)	не виявлено	0,1	не виявлено	0,03	1,30± 0,002	10	0,08± 0,002	5,0
Суниці лісові (<i>Fragaria vesca (Lat.)</i>)	не виявлено	0,2	0,09± 0,01	0,03	1,95± 0,01	10	0,11± 0,01	5,0
Черешня лісова (<i>Prunus avium (Lat.)</i>)	не виявлено	0,2	не виявлено	0,03	0,49± 0,03	10	0,04± 0,002	5,0

Зокрема Pb був відсутній у досліджуваній продукції, тоді, як Cd виявлено лише у ягодах суниці лісової, кількість якого перевищувала ГДК у 3,0 рази. Концентрація Zn і Cu у ягодах та деревних плодах була в межах ГДК. Одночасно необхідно відмітити, що найвища концентрація Zn і Cu була виявлена у ягодах суниці лісової, тоді як найнижча – у яблуках яблуні лісової.

Результати досліджень з вивчення коефіцієнту накопичення важких металів у лісових ягодах та плодах (табл. 3) показали, що даний показник коливається по Zn від 0,22 до 1,02, а по Cu від 0,02 до 0,2.

Таблиця 3

Коефіцієнт накопичення важких металів у лісових ягодах та деревних плодах

Вид лісових ягід та деревних плодів	Концентрація ВМ у плодах і ягодах, мг/кг				Коефіцієнт накопичення			
	Pb	Cd	Zn	Cu	Pb	Cd	Zn	Cu
Ожина лісова (<i>Eubatus</i> (<i>Lat.</i>))	не виявлено	не виявлено	1,11	0,04	не виявлено	не виявлено	0,5	0,2
Яблука лісові (<i>Malus</i> <i>sylvestris</i> Mill. (<i>Lat.</i>))	не виявлено	не виявлено	0,27	0,01	не виявлено	не виявлено	0,22	0,02
Груша лісова (<i>Pyrus pyraeaster</i> (<i>Lat.</i>))	не виявлено	не виявлено	1,30	0,08	не виявлено	не виявлено	0,46	0,13
Суниці лісові (<i>Fragaria</i> <i>vesca</i> (<i>Lat.</i>))	не виявлено	0,09	1,95	0,11	не виявлено	0,3	1,02	0,18
Черешня лісова (<i>Prunus avium</i> (<i>Lat.</i>))	не виявлено	не виявлено	0,49	0,04	не виявлено	не виявлено	0,37	0,05

Найвищий коефіцієнт накопичення Zn – 1,02 було виявлено у ягодах суниці лісової, а Cu – у ожини лісової, які склали відповідно 1,02 і 0,2.

У результаті вивчення інтенсивності накопичення важких металів грибами (табл. 4) виявлено перевищення гранично допустимих концентрацій Cd у грибах гіропорах березових синіючих (синяк) – у 1,6 раз, трутовиках сірчано-жовтих – у 1,5 раз, боровиках королівських – у 1,4 раз, лецінелумах (бабка) – у 1,7 раз, сироїжках – у 6,5 раз, білих грибах – у 1,7 раз, мухоморах червоніючих (маремуха) – у 1,5 раз, підберезовиках – у 1,7 раз, підосиковиках – у 1,3 раз та опеньках осінніх справжніх – у 1,7 раз.

Концентрація Pb, Zn та Cu у грибах перерахованих видів була нижча за ГДК. Найвищою концентрацією Pb характеризуються опеньки осінні справжні, Cd – сирійжки, Zn – білі гриби, Cu – опеньки осінні справжні.

Таблиця 4

Інтенсивність накопичення важких металів у грибах, мг/кг

Вид грибів	Важкі метали							
	Pb		Cd		Zn		Cu	
	ГДК	Факт. конц.	ГДК	Факт. конц.	ГДК	Факт. конц.	ГДК	Факт. конц.
Лисички справжні (<i>Cantharëllus cibãrius (Lat.)</i>)	0,5	0,21± 0,02	0,1	0,06± 0,003	20	6,41± 0,018	10	0,32± 0,002
Гіропор березовий синіючий (синяк) (<i>Gyroporus cyanescens (Lat.)</i>)	0,5	0,22± 0,03	0,1	0,16± 0,03	20	7,09± 0,02	10	0,63± 0,008
Трутовики сірчано-жовті (<i>Laetiporus sulphureus (Lat.)</i>)	0,5	0,27± 0,01	0,1	0,15± 0,02	20	5,04± 0,016	10	0,06± 0,003
Боровики королівські (<i>Butyriboletus regius (Lat.)</i>)	0,5	0,24± 0,01	0,1	0,14± 0,02	20	10,99± 0,01	10	0,18± 0,003
Лецінелум (бабка) (<i>Leccinellum (Lat.)</i>)	0,5	0,28± 0,02	0,1	0,17± 0,02	20	7,86± 0,18	10	0,25± 0,01
Сирійжки (<i>Russula Pers. (Lat.)</i>)	0,5	0,21± 0,04	0,1	0,65± 0,02	20	11,18± 0,12	10	0,64± 0,01
Білі гриби (<i>Boletus edulis (Lat.)</i>)	0,5	0,23± 0,01	0,1	0,17± 0,18	20	11,41± 0,40	10	0,26± 0,05
Мухомор червоніючий (маремуха) (<i>Amanita rubescens (Lat.)</i>)	0,5	0,27± 0,05	0,1	0,15± 0,02	20	6,59± 0,01	10	0,16± 0,003
Підберезовики (<i>Leccinum scabrum (Lat.)</i>)	0,5	0,26± 0,02	0,1	0,17± 0,003	20	4,16± 0,01	10	0,70± 0,01
Підосиковики (<i>Leccinum aurantiacum (Lat.)</i>)	0,5	0,22± 0,01	0,1	0,13± 0,002	20	10,32± 0,01	10	0,14± 0,001
Опеньки осінні справжні (<i>Armillaria mellea (Lat.)</i>)	0,5	0,29± 0,02	0,1	0,17± 0,01	20	0,074± 0,005	10	2,80± 0,022

Коефіцієнт накопичення Pb у грибах був у межах 0,55-0,81. Найвищий коефіцієнт накопичення Pb виявлено у трутовиках сірчано-жовтих. Зокрема у трутовиках сірчано-жовтих коефіцієнт накопичення був вищим порівняно з лисичками справжніми – у 1,47 раз, гіропорами березовими синіючими (синяк) – у 1,32 раз, боровиками королівським – у 1,26 раз, лецінелумами (бабка) – у 1,05 раз, сиріюжками – у 1,44 раз, білими грибами – у 1,2 раз, мухоморами червоніючим (маремуха) – у 1,24 раз, підберезовиками – у 1,35 раз, підосиковиками – у 1,47 раз та опеньками осінніми справжніми у 1,09 раз відповідно (табл. 5).

Таблиця 5

Коефіцієнт накопичення важких металів у грибах

Вид грибів	Важкі метали			
	Pb	Cd	Zn	Cu
Лисички справжні (<i>Cantharēllus cibārius (Lat.)</i>)	0,55	0,46	2,06	10,6
Гіропор березовий синіючий (синяк) (<i>Gyroporus cyanescens (Lat.)</i>)	0,61	1,45	1,19	7,87
Трутовики сірчано-жовті (<i>Laetiporus sulphureus (Lat.)</i>)	0,81	1,25	0,88	1,5
Боровики королівські (<i>Butyriboletus regius (Lat.)</i>)	0,64	1,0	1,87	18
Лецінелум (бабка) (<i>Leccinellum (Lat.)</i>)	0,77	1,13	1,27	2,7
Сиріюжки (<i>Russula Pers. (Lat.)</i>)	0,56	3,82	2,67	5,81
Білі гриби (<i>Boletus edulis (Lat.)</i>)	0,67	0,89	6,83	5,2
Мухомор червоніючий (маремуха) (<i>Amanita rubescens (Lat.)</i>)	0,65	0,88	2,02	1,14
Підберезовики (<i>Leccinum scabrum (Lat.)</i>)	0,60	1,13	1,32	4,37
Підосиковики (<i>Leccinum aurantiacum (Lat.)</i>)	0,55	0,72	2,75	1,07
Опеньки осінні справжні (<i>Armillaria mellea (Lat.)</i>)	0,74	1,41	0,01	14,7

Найвищий коефіцієнт накопичення Cd виявлено у грибах лисичках справжніх та підосиковиках. Коефіцієнт накопичення Cd у грибах коливався від 0,46 до 3,83. Найвищий коефіцієнт накопичення було виявлено у сиріюжках. Так, у грибах сиріюжках концентрація Cd була вища порівняно з лисичками справжніми – у 8,3 раз, гіропорами березовими синіючими (синяк) – у 2,6 раз, трутовиками сірчано-жовтими – у 3,05 раз, боровиками королівськими – у 3,8 раз, лецінелумами (бабка) – у 3,3 раз, білими грибами – 4,2 раз, мухоморами червоніючими (маремуха) – у 4,3 раз, підберезовиками – в 3,3 раз, підосиковиками – в 5,3 раз та опеньками осінніми справжніми – у 2,7 раз. Найнижчий коефіцієнт накопичення Cd був виявлений у лисичках справжніх.

Коефіцієнт накопичення Zn у грибах коливався від 0,01 до 6,83. Найвищий коефіцієнт накопичення Zn виявлено у білих грибах. Зокрема, у білих грибах коефіцієнт накопичення Zn був вищим порівняно з лисичками справжніми – у 3,3 раз, гіропорами березовими синіючими (синяк) – у 5,7 раз, трутовиками сірчано-жовтими – у 7,7 раз, боровиками королівськими – у 3,6 раз, лецінелумами (бабка) – у 5,3 раз, сиріюжками – у 2,5 раз, мухоморами червоніючими (маремуха) – у 3,3 раз, підберезовиками – у 5,1 раз, підосиковиками – у 2,4 раз та опеньками осінніми

справжніми – у 683,0 рази відповідно. Найнижчий коефіцієнт накопичення Zn спостерігався у грибах опеньках осінніх справжніх.

Аналізуючи коефіцієнт накопичення Cu, необхідно вказати, що найвищим даний показник було виявлено у боровиках королівських. Так, коефіцієнт накопичення Cu у грибах боровиках королівських був вищим порівняно з лисичками справжніми – у 1,6 раз, гіропором березовим синіючим (синяк) – в 2,2 раз, трутовиками сірчано-жовтими – в 12,0 раз, лецінелум (бабка) – у 6,6 раз, сиріжками – у 3,0 раз, білими грибами – у 3,4 раз, мухомором червоніючим (маремуха) – у 15,7 раз, підберезовиками – у 4,1 раз, підосиковиками – у 16,8 раз та опеньками осінніми справжніми – у 1,2 раз відповідно. Найнижчий коефіцієнт накопичення Cu виявлено у грибах мухоморах червоніючих (маремухах).

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ГРИБАХ

Аналіз зміни концентрації важких металів у грибах в результаті вимочування їх у водно-сольовому розчині (рис. 2) показав певний вплив на вміст Zn, Cu, Pb та Cd у даній продукції.

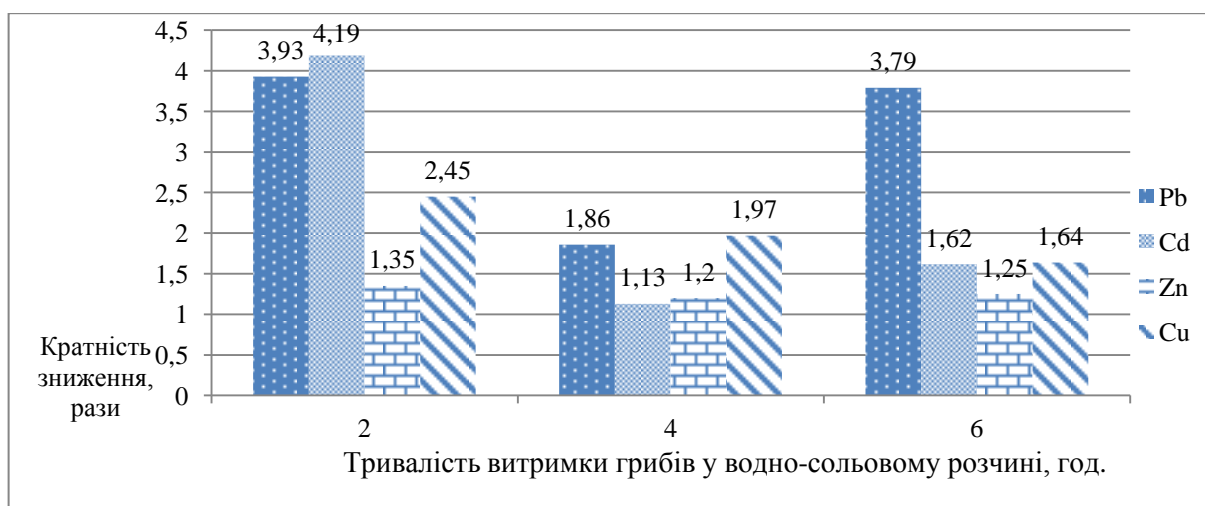


Рис. 2 Інтенсивність зниження важких металів у грибах за їх водно-сольової обробки, рази

Зокрема, інтенсивність зниження Pb у грибах складає від 3,79 до 18,6 раз, Cd – від 1,13 до 4,19 раз, Zn – від 1,25 до 1,35 раз та Cu – від 1,64 до 2,45 раз. Одночасно необхідно зазначити, що найвища інтенсивність зниження у грибах Pb, Zn та Cu спостерігалась за 4-х годинної витримки їх у водно-сольовому розчині, після чого дана тенденція знижувалась. Інтенсивність зниження Cd у грибах впродовж 2-х годинної витримки їх у водно-сольовому розчині виявилась найвищою і складала 4,19 раз, за 4-и та 6-ти годинної витримки у водно-сольовому розчині, інтенсивність зниження Cd у грибах в середньому складала 1,13 раз і 1,62 раз, тобто була нижчою. При чому інтенсивність зменшення Cd у грибах за 6-ти годинної їх витримки у водно-сольовому розчині дещо підвищувалась, порівняно з 4-х годинною.

Результати досліджень показали, що вимочування грибів, протягом однієї доби у воді, з якої видалений мінеральний залишок шляхом її переварювання і відстоювання дало змогу знизити концентрацію Pb, Cd та Zn у 2,03, 2,8 та 1,14 раз відповідно тоді як за використання дистильованої води вміст даних токсикантів знизився у 3,94, 4,57 та 1,15 раз відповідно (рис. 3).

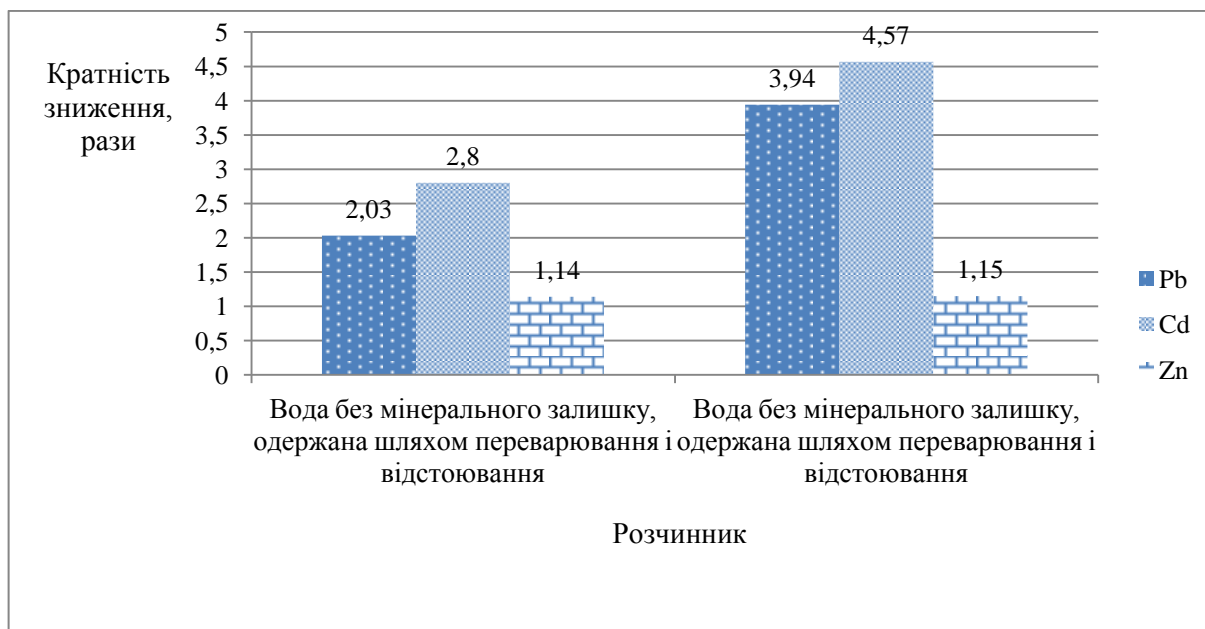


Рис. 3 Інтенсивність зниження важких металів у грибах за вимочування їх у воді без мінеральної частки, рази

Вищою ефективністю зниження важких металів у грибах виявилось за вимочування їх у дистильованій воді. Так, за вимочування грибів у дистильованій воді інтенсивність зниження Pb, Cd та Zn була вищою на 1,91 п.п., 1,77 п.п. та 0,01 п.п. відповідно, порівняно з використанням води, одержаної шляхом переварювання і відстоювання.

ВИСНОВКИ

Сучасні екологічні умови Вінниччини характеризуються зростаючим антропогенним забрудненням довкілля. Особливого забруднення зазнають лісові масиви, які затримують листовою масою шкідливі речовини, заносючи їх через лісову підстилку в ґрунти, що в подальшому призводять до накопичення їх в рослинній сировині, грибах, ягодах та ін. недеревних ресурсах. Проведені дослідження дозволили нам зробити наступні висновки:

1. В умовах лісових угідь Вінниччини спостерігається перевищення ГДК кадмію у грибах гіропорах березових синіючих (синяки) (*Gyroporus cyanescens* (Lat.)) – у 1,6 раз, трутовиках сірчано-жовтих (*Laetiporus sulphureus* (Lat.)) – у 1,5 раз, боровиках королівських (*Butyriboletus regius* (Lat.)) – у 1,4 раз, лецінелумах (бабках) (*Leccinum* (Lat.)) – у 1,7 раз, мухоморах червоніючих (маремуха) (*Amanita rubescens* (Lat.)) – у 1,5 раз, підберезовиках (*Leccinum scabrum* (Lat.)) – у 1,7 раз,

підосиковиках (*Leccinum aurantiacum (Lat.)*) – у 1,3 раз та опеньках осінніх справжніх (*Armillaria mellea (Lat.)*) – у 1,7 раз. Вміст свинцю, цинку та міді у грибах був нижчий ГДК відповідно в межах від 1,7 раз – 2,4 раз, 1,8 раз – 270 раз та 3,6 раз – 166 раз.

У ягодах та деревних плодах спостерігалось перевищення ГДК важких металів тільки по кадмію у 3,0 рази у ягодах суниці лісової (*Fragaria vesca (Lat.)*). Концентрація цинку і міді не перевищувала ГДК, тоді як свинцю у ягодах ожини лісової (*Eubatus (Lat.)*), плодах яблук лісових (*Malus sylvestris Mill. (Lat.)*), плодах груші лісової (*Pyrus pyraeaster (Lat.)*), ягодах суниці лісової (*Fragaria vesca (Lat.)*) та ягодах черешні лісової (*Prunus avium (Lat.)*) не виявлено.

2. В умовах досліджуваних лісових угідь Вінниччини найвищий коефіцієнт небезпеки свинцю спостерігався в грибах опеньках осінніх справжніх (*Armillaria mellea (Lat.)*) – 0,58, кадмію – у сиріжках (*Russula Pers. (Lat.)*) – 21,6, цинку – у білих грибах (*Boletus edulis (Lat.)*) – 0,57 та міді у – опеньках осінніх справжніх (*Armillaria mellea (Lat.)*) – 0,28.

3. Аналіз коефіцієнта накопичення у грибах показав, що найвищий показник свинцю виявився у сірчано-жовтих трутовиках (*Laetiporus sulphureus (Lat.)*) – 0,81, кадмію – у сиріжках (*Russula Pers. (Lat.)*) – 3,82, цинку – у білих грибах (*Boletus edulis (Lat.)*) – 6,83 та міді – у боровиках королівських (*Butyriboletus regius (Lat.)*) – 18.

4. Видалення мінерального залишку з води шляхом температурної обробки сприяло зниженню свинцю від 1,08 до 1,16 раз, кадмію – від 3,4 до 12,0 раз, цинку – від 1,35 до 2,17 раз та міді – від 5,95 до 16,0 раз.

Вимочування грибів у дистильованій воді знижувало у грибах концентрацію свинцю від 1,52 до 1,92 раз, кадмію – від 4,6 до 6,5 раз, цинку – від 1,25 до 1,85 раз та міді – від 0,3 до 1,8 раз.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

При заготівлі грибів та дикорослих ягід відібраних в умовах лісових насаджень узлісся Лісостепу Правобережного рекомендуємо:

- враховувати специфіку грибів та дикорослих ягід щодо накопичення важких металів з обов'язковим визначенням в них даних токсикантів на відповідність гранично допустимих концентрацій;

- вимочування грибів у підсоленій воді (10 гр солі на 1 л води) проводити до 4-х годин;

- для зниження концентрації Pb, Zn, Cu та Cd у грибах пропонується витримувати їх протягом 24 годин у дистильованій воді за температури зовнішнього середовища 22-24 °С, що знижує концентрацію Pb від 1,52 до 1,92 раз, Cd – від 4,6 до 6,5 разів, Zn – від 1,25 до 1,85 разів та Cu – від 0,3 до 1,8 раз та у звичайній водопровідній воді без мінерального залишку Pb від 1,08 до 1,16 раз, Cd – від 3,4 до 12,0 раз, Zn – від 1,35 до 2,17 раз та Cu – від 5,95 до 16,0 раз відповідно.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз даних Web of Science:

1. Razanov S., Melnyk V., Symochko L., Dydiv A., **Vradii O.** et. all. Agroecological assessment of gray forest soils under intensive horticulture. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*. 2022. Vol. 12 (4). P. 459-464. (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання статті)

Статті у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних:

2. **Врадій О. І.**, Міщенко Б. Д. Моніторинг забруднення важкими металами їстівних грибів в умовах Правобережного Лісостепу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2018. Вип. 1. С. 96–99. (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання статті)

3. Разанов С. Ф., **Врадій О. І.** Оцінка інтенсивності забруднення їстівних грибів важкими металами в умовах Лісостепу Правобережного України. *Збалансоване природокористування*. 2019. № 1. С. 57–65. (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання статті)

4. Разанов С. Ф., **Врадій О. І.** Оцінка впливу води за кулінарної обробки грибів на концентрацію в них цинку і міді. *Збалансоване природокористування*. 2019. № 4. С. 63–68. (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання статті)

Статті у фахових наукових виданнях України:

5. **Врадій О. І.** Моніторинг забруднення важкими металами лісових ягід в умовах Лісостепу Правобережного України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2018. Вип. № 2 (9). С. 178–186. (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання статті)

6. Мазур В. А., **Врадій О. І.** Вплив водно-сольового розчину на вміст важких металів у грибах. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. Вип. № 1 (20). С. 16–32. (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання статті)

7. Разанов С. Ф., Гетман Н. Я., **Врадій О. І.**, Коруняк О. П. Зміна концентрації важких металів у грибах за їх консервування. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. Вип. № 3 (26). С. 205–215. (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання статті)

Тези наукових доповідей:

8. **Врадій О. І.** Аналіз забруднення важкими металами лісових ягід в умовах Лісостепу Правобережного України. *Вплив змін клімату на онтогенез рослин: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 3-5 жовтня 2018 року, м. Миколаїв: МНАУ*. 2018. С. 161–163. (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання тези)

9. **Врадій О. І.**, Вергеліс В. І. Аналіз забруднення важкими металами їстівних грибів Вінницького району. *Регіональні геоecологічні проблеми в умовах сталого розвитку*: збірник наукових праць III Міжнародної науково-практичної конференції, 18-20 жовтня 2018 року, м. Рівне: РДГУ. 2018. С. 118–122. (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання тези)

10. **О. Vradiy**. Monitoring the pollution of forest berries by heavy metals in the conditions of Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Kluczowe aspekty naukowej dzialalnosci – 2018-2019*: матеріали XV Міжнародної наукової конференції, 31 грудня 2018 – 07 січня 2019 року, м. Пшемисл, Польща. 2019. С. 10–11. (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання тези)

11. **Врадій О. І.** Аналіз забруднення їстівних грибів важкими металами в умовах Лісостепу Правобережного України. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти*: збірник тез II Міжнародної науково-практичної конференції, 10-12 квітня 2019 року, Київ – Миколаїв – Херсон. ДУ НМЦ «Агроосвіта». 2019. С. 139–142. (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання тези)

12. Разанов С. Ф., Алексеев О. О., **Врадій О. І.**, Вергеліс В. І. Моніторинг забруднення їстівних грибів важкими металами в умовах Лісостепу Правобережного України. *Vin Smart Eco*: збірник наукових праць I Науково-практичної конференції, 16-18 травня 2019 року, м. Вінниця: КВНЗ – Вінницька академія неперервної освіти. 2019. С. 218–220. (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання тези)

13. Алексеев О. О., **Врадій О. І.** Дослідження впливу терміну вимочування у водно-сольовому розчині грибів на концентрацію в них цинку. *Integration system of education, science and production in the modern information space*: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції м. Тернопіль, 24 жовтня 2019 року, м. Тернопіль: Крок. 2019. С. 17–19. (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання тези)

14. **Врадій О. І.** Зниження концентрації міді у грибах за вимочування їх у водно-сольовому розчині. *Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту*: збірник тез Міжнародної науково-практичної конференції м. Біла Церква, 31 жовтня 2019 року. Біла Церква: БНАУ. 2019. С. 3–5. (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання тези)

15. **Врадій О. І.** Вплив застосування води при кулінарній обробці грибів на концентрацію в них цинку. *Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегій стійкого розвитку: агроecологічний, соціальний та економічний аспекти*: збірник матеріалів III Міжнародної науково-практичної конференції Інтернет-конференції м. Полтава, 12 грудня 2019 року. Полтава: ПДАА. 2019. С. 68–69. (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання тези)

16. А. Разанова, О. **Врадій**. Зміни концентрації важких металів у грибах за їх кулінарної обробки та консервування. *Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій*: матеріали XXIII Міжнародного науково-практичного форуму. 4-6 жовтня 2022 р. Львів: ЛНУП. 2022. С. 255–

258. (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання тези)

Які додатково відображають наукові результати дисертації:

17. **Врадій О. І.** Моніторинг забруднення їстівних грибів важкими металами в умовах Лісостепу Правобережного. Міжнародна науково-практична інтернет-конференція молодих вчених та студентів «Проблеми і перспективи інноваційного розвитку аграрного сектора економіки в умовах інтеграційних процесів». 15-16 травня 2019 року, м. Вінниця.

18. **Врадій О. І.** Вплив терміну вимочування у водно-сольовому розчині грибів на концентрацію в них цинку та міді. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2019. № 2. С.75–78. (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання статті)

19. **Врадій О. І.** Оцінка інтенсивності забруднення їстівних грибів важкими металами в умовах Лісостепу Правобережного України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. Вип. № 1 (12). С. 225–235. (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання статті)

20. **О. Vradiy.** Analysis of the efficiency of using the culinary processing of mushrooms in order to reduce the concentration of heavy metals in them. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 2 (17). С. 209–222. (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання статті)

21. **Врадій О. І.** Вплив рівня мінералізації води на концентрацію важких металів у грибах. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 4 (19). С. 229–242. (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання статті)

22. **Врадій О. І.** 2020. Аналіз ефективності застосування кулінарної обробки грибів для зменшення в них концентрації важких металів. *Dynamics of the development of world science*. Abstracts of the 7-th International scientific and practical conference. Vancouver, Canada, March 18-20. P. 295–304. (Особистий внесок: виконання експериментальних досліджень, підготовка та написання тези)

23. **Врадій О. І.,** Разанов С. Ф. 2020. Спосіб зниження концентрації важких металів у їстівних грибах за кулінарної їх обробки: пат. на корисну модель 142065 України: МПК А23L 31/00 А23L 5/00; власник Вінницький національний аграрний університет: № u201911420, заявл. 25.11.19; опубл. 12.05.2020, Бюл. №9.

24. **Врадій О. І.** Міжнародна науково-практична інтернет- конференція молодих вчених та студентів «Сучасні тенденції розвитку агропромислового сектора економіки в умовах конвергенції», 14-15 травня 2020 року, м. Вінниця.

25. **Врадій О. І.** Міжнародна науково-практична конференція «Напрями досліджень в аграрній науці: стан та перспективи», 5-6 листопада 2020 року, м. Вінниця.

26. **Врадій О. І.** Всеукраїнська науково-практична конференція «Розвиток аграрної науки в умовах змін клімату та діджиталізації землеробства», 9-10 червня 2022 року, м. Вінниця.

АНОТАЦІЯ

Врадій О. І. Екотоксикологічна оцінка харчових недеревних лісових ресурсів Лісостепу Правобережного. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 03.00.16 «Екологія». – Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, 2023.

Дисертація присвячена дослідженню інтенсивності забруднення їстівних грибів та лісових ягід важкими металами – свинцем, кадмієм, цинком і міддю в умовах Лісостепу Правобережного. На основі проведених досліджень оптимізовано технологічні аспекти заходів по зменшенню вмісту важких металів у грибах для підвищення їх рівня екологічної безпеки.

На основі проведених досліджень встановлені рівні забруднення грибів та лісових ягід важкими металами. Визначено коефіцієнти небезпеки та накопичення їх в залежності від рівня забруднення ґрунтів, їх типів, оптимізовано обробку їстівних грибів з метою зниження в них концентрації Zn, Cd, Cu, Pb. На прикладі Тиврівської міської об'єднаної територіальної громади, що включали Гніванське та Тиврівське лісництва Вінницької області досліджено інтенсивність забруднення ґрунтів лісових угідь важкими металами (Zn, Cd, Cu, Pb) та проведено моніторинг забруднення їстівних грибів та ягід.

Виявлено перевищення гранично допустимих концентрацій Cd у грибах гіропорах березових синіючих (синяк) – у 1,6 раз, трутовиках сірчано-жовтих – у 1,5 раз, боровиках королівських – у 1,4 раз, лецінелумах (бабка) – у 1,7 раз, сиріжках – у 6,5 раз, білих грибах – у 1,7 раз, мухоморах червоніючих (маремуха) – у 1,5 раз, підберезовиках – у 1,7 раз, підосиковиках – у 1,3 раз та опеньках осінніх справжніх – у 1,7 раз. Концентрація Pb, Zn та Cu у грибах перерахованих видів була нижча за ГДК. Найвищою концентрацією Pb характеризуються опеньки осінні справжні, Cd – сиріжки, Zn – білі гриби, Cu – опеньки осінні справжні.

Виявлені зміни концентрації важких металів у грибах після вимочування їх у водно-сольовому розчині, що показали певний вплив на вміст Zn, Cu, Pb та Cd у даній продукції. Інтенсивність зниження Pb у грибах складала від 3,79 до 18,6 раз, Cd – від 1,13 до 4,19 раз, Zn – від 1,25 до 1,35 раз та Cu – від 1,64 до 2,45 раз. Найвища інтенсивність зниження у грибах Pb, Zn та Cu спостерігалась за 4-х годинної витримки їх у водно-сольовому розчині, після чого дана тенденція знижувалась.

Вимочування грибів, протягом однієї доби у воді, з якої видалений мінеральний залишок шляхом її переварювання і відстоювання дало змогу знизити концентрацію Pb, Cd та Zn у 2,03, 2,8 та 1,14 раз відповідно тоді як за використання дистильованої води вміст даних токсикантів знизився у 3,94, 4,57 та 1,15 раз відповідно

Ключові слова: гриби, лісові ягоди, цинк, мідь, кадмій, свинець, дистильована вода, вода без мінерального залишку, коефіцієнт небезпеки, коефіцієнт накопичення.

АННОТАЦИЯ

Врадий О. И. Экотоксикологическая оценка пищевых недревесных лесных ресурсов Лесостепи Правобережной. – Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 03.00.16 «Экология». – Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет, Днепр, 2023.

Диссертация посвящена исследованию интенсивности загрязнения съедобных грибов и лесных ягод тяжелыми металлами – свинцом, кадмием, цинком и медью в условиях Лесостепи Правобережной. На основе проведенных исследований оптимизированы технологические аспекты мер по уменьшению содержания тяжелых металлов в грибах для повышения их уровня экологической безопасности.

На основе проведенных исследований установлены уровни загрязнения грибов и ягод тяжелыми металлами. Определены коэффициенты опасности и накопление их в зависимости от уровня загрязнения почв, их типов, оптимизирована обработка съедобных грибов с целью снижения в них концентрации Zn, Cd, Cu, Pb. На примере Тывровской городской объединенной территориальной общины, включавшей Гниванское и Тывровское лесничества Винницкой области, исследована интенсивность загрязнения почв лесных угодий тяжелыми металлами (Zn, Cd, Cu, Pb) и проведен мониторинг загрязнения съедобных грибов и ягод.

Выявлено превышение предельно допустимых концентраций Cd в грибах гиропора березовых синеющих (синяк) – в 1,6 раз, трутовиках серно-желтых – в 1,5 раз, боровиках королевских – в 1,4 раз, лецинеумах (бабка) – в 1,7 раз, сыроежках – в 6,5 раз, белых грибах – в 1,7 раз, мухоморах краснеющих (маремуха) – в 1,5 раз, подберезовиках – в 1,7 раз, подосиновиках – в 1,3 раз и опятах осенних настоящих – в 1,7 раз. Концентрация Pb, Zn и Cu в грибах перечисленных видов была ниже ПДК. Наивысшей концентрацией Pb характеризуются опята осенние настоящие, Cd – сыроежки, Zn – белые грибы, Cu – опята осенние настоящие.

Выявленные изменения концентрации тяжелых металлов в грибах в результате вымачивания их в водно-солевом растворе показали определенное влияние на содержание Zn, Cu, Pb и Cd в данной продукции. Интенсивность снижения Pb в грибах составила от 3,79 до 18,6 раз, Cd – от 1,13 до 4,19 раз, Zn – от 1,25 до 1,35 раз и Cu – от 1,64 до 2,45 раз. Высокая интенсивность снижения в грибах Pb, Zn и Cu наблюдалась при 4-х часовой выдержке в водно-солевом растворе, после чего данная тенденция снижалась.

Вымачивание грибов, в течение одних суток в воде, из которой удален минеральный остаток путем ее переваривания и отстаивания, позволило снизить концентрацию Pb, Cd и Zn в 2,03, 2,8 и 1,14 раз соответственно тогда, как при использовании дистиллированной воды содержание данных токсикантов снизился в 3,94, 4,57 и 1,15 раз соответственно.

Ключевые слова: грибы, лесные ягоды, цинк, медь, кадмий, свинец, дистиллированная вода, вода без минерального остатка, коэффициент опасности, коэффициент накопления.

SUMMARY

Vradiy O. Ecotoxicological assessment of food non-wood forest resources of the Forest-Steppe of the Right Bank. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of agricultural sciences on a specialty 03.00.16 «Ecology». – Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, 2023.

The dissertation is devoted to the study of the intensity of contamination of edible mushrooms and forest berries with heavy metals – lead, cadmium, zinc and copper in the conditions of the Forest-Steppe of the Right Bank. On the basis of the conducted research, the technological aspects of measures to reduce the content of heavy metals in mushrooms were optimized to increase their level of environmental safety.

The studied pollutants, being in the norm with food products, including mushrooms and berries, enter the human body, accumulate in their tissues and cause a number of changes at the cellular, tissue, organ and organismal levels. These consequences lead to changes in biochemical, physiological and metabolic processes that cause a number of diseases of the population.

Based on the conducted research, the levels of heavy metal contamination of mushrooms and wild berries were established. The coefficients of danger and their accumulation depending on the level of soil pollution and their types were determined, the processing of edible mushrooms was optimized in order to reduce the concentration of Zn, Cd, Cu, Pb in them. Using the example of the Tyvrivsk urban united territorial community, which included the Hnivansk and Tyvrivsk forests of the Vinnytsia region, the intensity of soil contamination of forest lands with heavy metals (Zn, Cd, Cu, Pb) was investigated and the contamination of edible mushrooms and berries was monitored.

Exceeding the maximum allowable concentrations of Cd in the fungi of *Gyroporus cyanescens* (Lat.) – by 1.6 time, *Laetiporus sulphureus* (Lat.) – by 1.5 time, *Butyriboletus regius* (Lat.) – by 1.4 time, *Leccinellum* (Lat.) – by 1.7 time, *Russula Pers.* (Lat.) – by 6.5 time, *Boletus edulis* (Lat.) – by 1.7 time, *Amanita rubescens* (Lat.) – by 1.5 time, *Leccinum scabrum* (Lat.) – by 1.7 time, *Leccinum aurantiacum* (Lat.) – by 1.3 time, and *Armillaria mellea* (Lat.) – 1.7 time. The concentration of Pb, Zn and Cu in the mushrooms of the listed species was lower than the MPC. The content of lead, zinc and copper in mushrooms was lower than the MPC in the range of 1.7 – 2.4 time, 1.8 – 270.2 time and 3.5 – 166.6 time, respectively. The highest concentration of Pb is characterized by the *Armillaria mellea* (Lat.), Cd – *Russula Pers.* (Lat.), Zn – *Boletus edulis* (Lat.), Cu – *Armillaria mellea* (Lat.).

It was established that the maximum limit of heavy metals for cadmium was exceeded by 3.0 times in *Fragaria vesca* (Lat.) berries. The concentration of zinc and copper was lower than the MPC. At the same time, it should be noted that in berries *Eubatus* (Lat.), fruits *Malus sylvestris* Mill. (Lat.), fruits *Pyrus pyraster* (Lat.), berries *Fragaria vesca* (Lat.) and berries *Prunus avium* (Lat.) no lead was detected.

In the conditions of the investigated forest areas of Vinnytsia region, the highest danger coefficient of lead was found in mushrooms – *Armillaria mellea* (Lat.) – 0.58, cadmium – in *Russula Pers.* (Lat.) – 21.6, zinc – in *Boletus edulis* (Lat.) – 0.57, and

copper in *Armillaria mellea* (Lat.) – 0.28. The highest hazard ratio of zinc and copper was observed in *Fragaria vesca* (Lat.) berries. The hazard ratio of lead in wild berries and fruits was not detected, and cadmium was only found in berries *Fragaria vesca* (Lat.) – 0.3.

Characterizing the coefficients of accumulation of heavy metals in food non-wood forest resources of plant origin, it should be noted that the highest concentration of lead was in *Laetiporus sulphureus* (Lat.) – 0.81, cadmium – in *Russula Pers.* (Lat.) – 3.82, zinc – in *Boletus edulis* (Lat.) – 6.83, and copper – in *Butyriboletus regius* (Lat.) – 18.

Along with this, it should be noted that among forest berries and fruits, the highest coefficient of accumulation of cadmium and zinc is observed in berries *Fragaria vesca* (Lat.). In particular, the coefficient of zinc accumulation in wild berries *Fragaria vesca* (Lat.) was higher compared to berries *Eubatus* (Lat.) – by 2.04 time, *Malus sylvestris* Mill. (Lat.) – by 4.6 time, by fruits of *Pyrus pyraister* (Lat.) – by 2.21 time and by berries of *Prunus avium* (Lat.) – by 2.75 time. In terms of copper, the highest coefficient of accumulation was also found in berries *Fragaria vesca* (Lat.), in comparison with berries *Eubatus* (Lat.) – by 0.9 time, fruits *Malus sylvestris* Mill. (Lat.) – by 9.0 time, by fruits of *Pyrus pyraister* (Lat.) – by 4.27 time and by berries of *Prunus avium* (Lat.) – by 3.6 time.

The detected changes in the concentration of heavy metals in mushrooms as a result of soaking them in a water-salt solution showed a certain effect on the content of Zn, Cu, Pb and Cd in these products. The intensity of reduction of Pb in mushrooms was from 3.79 to 18.6 time, Cd – from 1.13 to 4.19 time, Zn – from 1.25 to 1.35 time, and Cu – from 1.64 to 2.45 time. The highest intensity of reduction of Pb, Zn and Cu in mushrooms was observed after 4 hours of keeping them in a water-salt solution, after which this trend decreased.

Soaking mushrooms for one day in water, from which the mineral residue was removed by boiling and settling, made it possible to reduce the concentration of Pb, Cd, and Zn by 2.03, 2.8, and 1.14 time, respectively, when using distilled water, the content of these toxicants decreased by 3.94, 4.57 and 1.15 time, respectively. It is proved that the removal of mineral residue from water by heat treatment (boiling) reduces lead in mushrooms from 1.08 to 1.16 time, cadmium – from 3.4 to 12.0 time, zinc – from 1.35 to 2.17 time and copper – from 5.95 to 16.0 time (for soaking mushrooms for 1 day).

It was studied that soaking mushrooms in distilled water reduces the concentration of lead in mushrooms from 1.52 to 1.92 time, cadmium – from 4.6 to 6.5 time, zinc – from 1.25 to 1.85 time and copper – from 0.3 to 1.8 time.

Key words: mushrooms, wild berries, zinc, copper, cadmium, lead, distilled water, water without mineral residue, danger coefficient, accumulation coefficient.

Підписано до друку 10.02.2023
Формат 60*84/16. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний.
Умовн. друк. арк. 0,9.
Замовлення № 118.
Наклад 100 прим.

Віддруковано ТОВ Видавництво – «РІА – Поліграф»
м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 2А, 21000
тел. (0432) 67-33-49
E-mail: ria.poligraf@gmail.com
Свідоцтво А00 №145191